我国行星物理学的发展现状与展望

戎昭金[1,2*]　崔　峻[3,4]　何　飞[1]　孔大力[5]　张金海[1]　邹　鸿[6]　李力刚[5]　尧中华[1]　魏　勇[1,2]　万卫星[1]

1 中国科学院地质与地球物理研究所 中国科学院地球与行星物理重点实验室 北京 100029
2 中国科学院大学 地球与行星科学学院 北京 100049
3 中国科学院国家天文台 北京 100012
4 中山大学 珠海 519082
5 中国科学院上海天文台 上海 200030
6 北京大学 北京 100871

摘要　半个世纪以来，伴随着人类在深空探测领域内取得的各种重大科学发现，人们对地球、行星以及太阳系有了更深入的认识和理解。这些发现不仅深化了人类对自然的认识，牵引和带动了科学技术的快速发展，同时还孕育并催生了行星物理学等交叉学科的兴起和发展。文章在分析国内外行星物理学发展现状的基础上，阐述了行星物理学与传统学科及我国未来深空探测任务之间的相互关系，指出了我国未来行星物理学研究的主要发展方向，并对该学科的未来发展给予了适当建议。

关键词　行星物理学，深空探测，学科发展，规划建议

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.2019.07.005

“我们是谁？我们从哪儿来？又将向何处去？”是关系到科学、宗教、哲学、人文、环境等多方面的终极问题。

对于这些问题，不可避免要首先回答：地球为什么是宜居的？在自然灾害和极端天气事件频现的今天，准确回答这个问题不仅有助于我们认识和保护美丽地球家园，而且面对当前国际日趋激烈的环境与资源竞争，从本质上认识这个问题也能为我国赢取国际话语权提供重要科学依据。

如何认识地球？传统的地球科学研究已经发展了 100 多年。从大陆漂移到造山运动，从海底扩张到板块构造，从发现地球内部结构到探索地球外层空间，人类对地球的认识已经取得了长足的进步。近半个世纪以来，随着现代科学技术的快速发展，尤其是航天科技的飞跃发展，人类在探索太空的道路上快速前进，并逐渐意识到，仅仅从地球本身出发去认识地

*通讯作者
资助项目：中国科学院战略性先导科技专项（A类）（XDA17010201），国家自然科学基金（201774188）
修改稿收到日期：2019年6月16日

球过去几十亿年间的沧海桑田是远远不够的。太阳系内各大行星被认为具有相同的宇宙起源，但现今的行星环境却大相径庭。因此，唯有对比其他行星，方能更本质地认识地球宜居环境的形成[1]。在此背景下，国际上近些年逐渐形成了一门多学科交叉的新学科研究方向——行星物理学，以研究围绕恒星运转的一切天体（如行星、矮行星、天然卫星、小行星和彗星等）的圈层环境和变化规律[2,3]（包括太空环境、大气环境、表面环境、内部结构等）。

行星物理学与人类生存发展密切相关，它不仅是当前人类探索宇宙奥秘、寻找生命起源的前沿阵地，也是引领技术创新和实现重大科技突破的热点方向。行星物理学在国家发展中正发挥着越来越重要的作用，正成为世界强国高度重视和大力支持的重要学科方向。

本文将详细介绍我国行星物理学的发展历程和现状，并结合我国深空探测计划和国际行星科学的发展趋势，分析行星物理学与传统地球物理学及我国未来深空探测任务的相互关系，指出未来我国行星物理学的主要发展方向，并对学科未来发展给予建议。

1 国际背景和现状：如火如荼

自1957年第一颗人造卫星上天以来，人类将认识世界、改造世界的脚步踏向了地球之外。60多年来，人类向宇宙空间发射了上百颗各类行星探测飞船，对太阳系各大行星、小行星、卫星、彗星等天体开展了各式各样的探测，如“信使号”水星探测计划、“MAVEN”火星探测计划、“罗塞塔”彗星探测计划、“朱诺”木星探测计划和“卡西尼”土星探测计划等。

当前国际行星科学探测方兴未艾。未来还将陆续有“JUICE”木星计划、“BepiColombo”水星计划、小行星采样返回计划、月球基地建设等。除美国、欧盟、俄罗斯和日本外，印度也开展过对月球和火星的探测。行星科学探测，也引起许多非传统航天大国的重视。例如，以色列现已开展了对月探测①，而阿联酋、韩国等国目前也在积极推进火星的探测计划[4,5]。

伴随着飞船不断探测，越来越多的行星“样本”展现出了丰富多彩的大千世界。从行星的内部结构到外部太空环境；从行星的形状、大小、运动等宏观性质到行星的表面化学、粒子逃逸、磁能释放等微观物理过程；从极光、闪电、内部物质喷发（包括火山）等短时间尺度过程到行星内部结构和外部环境形成演化的长期过程；从行星环境变迁到生命在宇宙中的起源、演化和可能的星际传播……人们对行星的不同圈层环境、不同时空尺度的物理过程，以及对生命演化等的认识也越来越深入。

对行星的探测，让人们意识到，若想深入认识并理解地球的演变和宜居环境的形成，唯有对多“样本”的行星作广泛深入的比较研究。而仅依赖传统地球物理学已然很难满足当下对行星比较研究的需求，现今更需要的是一门能融合地球物理学、空间科学、大气科学、物理学等多学科，并能对行星开展综合性比较研究的新型学科[6,7]。在此背景下，作为行星科学的重要研究方向之一，一门以研究包括行星空间环境、大气环境、表面环境及内部结构等在内的行星多圈层物理过程的新兴交叉学科——行星物理学，近些年来在国际上正迅速形成和发展起来[3]。

行星物理学的形成和发展也是行星探测计划的必然需求。美苏争霸时期的行星探测计划，主要以满足太空竞赛和政治需求为主。随着行星探测技术的成熟，人们愈来愈依赖于具体科学目标来牵引行星探测计划，行星探测也不再是简单地“看一看，探一探”。近些年来，美国、欧盟、日本和印度所发起的

① 新华网．以总理：“创世纪”号探月是以色列“巨大的进步”．[2019-02-23]. http://www.xinhuanet.com/world/2019-02/23/c_1124153801.htm.

一系列重大行星探测计划都具有非常明确的科学目标。例如，日本已经发射了以研究金星大气为主要科学目标的“拂晓”号探测飞船（2010 年发射）。而印度，2008 年发射了“钱德拉扬-1 号”（Chandrayaan-1）月球探测飞船，用以寻找月球表层和浅表层里的水；2013 年又发射了“曼加里安”号（Mangalyaan）火星探测飞船以研究火星大气的成分和动力学过程。这些科学目标明确的探测计划，不仅推动了行星物理学研究的快速发展，而且对行星物理学的知识和人才也提出了更高需求。

行星物理学目前使用的探测手段，不仅有多种地空光学遥感、飞船近距离绕飞探测，也有巡视车在行星表面的巡视探测和地震仪对行星内部结构的测量。这些探测手段，一方面促进各种尖端技术的快速发展（如各种极端物理条件下高性能仪器的研发、超远距离通讯、定位等），另一方面也能够带动各类基础、前沿科学研究（包括实验室物理模拟、高性能计算、大数据分析、人工智能等）。对保障国家航天活动、深空探测工程，以及寻找地外资源、地外生命等，都有不可估量的作用。可以说，行星物理学的研究和发展不仅已成为当前世界各国综合国力的角力场，也正成为衡量国家未来可持续综合发展能力的重要指标。

行星物理学虽是新兴学科，但目前很多国际知名大学都已设有比较完善的行星物理学相关专业、教学课程体系（表 1）和学位点，为美欧各国的行星科学研究和深空战略发展，培养和储备了大量科技人才。

2 国内现状：起步晚，起点高

2.1 传统学科遇瓶颈

地球科学是以地球系统（包括大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和日地空间）为研究对象的一门传统学科。经多年发展，无论国际还是国内，地球科学的学科门类设置已比较齐全，人才队伍已具备相当规模，基础设施较为完善，学科也已发展到一定成熟阶段。学科成熟，一方面表现为人们已取得了一系列重大而深入的科学认识，如提出大陆漂移假说和板块理论，发现和认识地球内部圈层结构，以及发现地球电离层和空间辐射带等。另一方面，地球科学的研究成果和技术手段在资源勘探、自然灾害的预测防范、环境保护、考古、地球空间安全保障、军事国防等方面都取得了广泛应用。

然而学科的成熟，也意味着瓶颈——继续取得重

表 1　国外一些大学已开设行星物理学相关课程的情况

序号	大学	开设课程
1	美国亚利桑那大学	《行星物理学原理》《小行星、彗星与库伯带天体》《太阳系物理学》《系外行星：发现与属性刻画》《行星科学专题讲座》
2	美国麻省理工学院	《行星科学概论》《行星观测实验》《行星大气》《太阳系形成与演化》
3	美国加州理工学院	《行星结构与演化》《行星物理》《行星表面》《行星大气》《太阳系形成与演化》
4	美国加州大学洛杉矶分校	《火星探索》《行星空间天气》
5	美国加州大学伯克利分校	《行星科学概论》《行星结构与演化》
6	美国约翰霍普金斯大学	《行星科学概论》《行星探索》《行星物理》《行星表面》《行星大气》
8	英国帝国理工学院	《行星物理》《行星表面》
9	英国伦敦大学学院	《地球和行星内部建模》《地球和行星物质》《行星大气层》《遥感与行星表面》《系外行星物理学》《地球与行星系统科学》《彗星、小行星和陨石》《行星科学前沿话题》
10	芬兰欧陆大学	《天文和行星空间物理》
12	日本东京大学	《地球行星物理学》《宇宙科学》《比较行星学基础论》《地球行星物理学概论》《地球行星物理学实验》《行星大气学》《行星物理化学》

大原创突破已变得十分困难。而突破困难的关键很大程度上取决于对地球未知区域的探测。所以，当前地球科学的前沿突破点基本都集中在“深空”“深地”“深海”方面。我们唯有从探测手段上实现“三深”探测，方有可能取得进一步的突破[8]。

2.2 深空探测是关键突破点

“上天容易入地难”。相比“深地”“深海”，人类驶入“深空”相对容易实现。

1970 年，我国第一颗人造卫星“东方红一号”成功发射，我国成为继美国、苏联、法国、日本等国之后，第 5 个能制造和发射人造卫星的国家。但在这之后的相当长一段时间内，我国却并没有专门开展空间科学探测的卫星。经多次讨论，我国于 1997 年初提出了“地球空间双星探测计划”（以下简称“双星计划”）[9,10]。“双星计划”包括两颗科学卫星，分别于 2003 年 12 月和 2004 年 7 月顺利发射。“双星计划”的成功实施，标志着我国具备了独立开展太空科学探测研究的能力。“双星计划”显著提高了我国在空间科学领域的国际地位和影响力。不仅取得了一批具有重要国际影响力的科研成果，提升了我国科学探测仪器、卫星和火箭技术的研制水平，而且也培养了一支高水平的科研队伍。

在“双星计划”成功实施的基础上，我国于 2007 年10月24日成功发射了“嫦娥 1 号”探月卫星。至 2018 年年底，我国又相继成功发射了“嫦娥 2、3、4 号”探月探测器。“嫦娥工程”的成功实施标志着我国具备了开展地外天体探测的能力[11]。继“嫦娥工程”后，我国还将于 2020 年以后陆续发射以火星、近地小行星和木星为目标的探测飞船[12]②。

2011 年，我国与俄罗斯合作发射了我国第一颗火星探测器——“萤火一号”。尽管发射任务失败，但也积累了宝贵的工程经验③。

2.3 国家战略需求

与美欧相比，我国行星科学研究虽基础薄、起步晚，但起点高。

“嫦娥工程”的成功实施，以及即将启航的火星探测任务，均彰显了国家大力发展深空探测和行星科学研究的战略决心。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》中明确提出要“加快发展空天和海洋技术”；国家《十三五规划纲要》中提到要“加强深海、深地、深空、深蓝等领域的战略高技术部署”④。从这些近年发布的规划，均可看出国家对深空探测的战略需求，这对行星科学人才培养、行星科学研究都提出了更高的要求。

2019 年 2 月20日，习近平总书记会见中国探月工程“嫦娥 4 号”任务代表，强调“星空浩瀚无比，探索永无止境”。他鼓励我国广大科技工作者、航天工作者，要为人类和平利用太空、推动构建人类命运共同体贡献更多中国智慧、中国方案、中国力量⑤。

那么，我们该如何贡献我们的智慧、方案和力量?

2.4 我国行星物理学现状

（1）*发展势头可喜。*近年来，随着我国深空探测事业的稳步推进，以及受国外如火如荼的行星科学研究的影响，行星科学研究在我国也有了迅猛发展。我国一些研究机构和高校已经开始陆续开展行星科学

② 新华网．中国将探测更远深空瞄准火星、小行星和木星．[2017-03-01]. http://www.xinhuanet.com//politics/2017lh/2017-03/01/c_1120552610.htm.

③ 中国新闻网．中国“萤火一号”火星探测器搭载俄火箭发射升空．[2011-11-09]. http://www.chinanews.com/gn/2011/11-09/3446843.shtml.

④ 新华网．中国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要（全文）．[2016-03-17].http://www.xinhuanet.com//politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322_21.htm.

⑤ 人民网 - 中国共产党新闻网．习近平谈航天：星空浩瀚无比，探索永无止境．[2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html.

的研究工作（表 2），初步培养出了一支有国际影响力的行星物理学年轻队伍，取得了一系列科研成果，其中还不乏一些发表于包括《科学》《美国科学院院刊》《自然-通讯》《自然-天文》等国际顶尖期刊上的重要成果。此外，还初步摸索出了一套行之有效的行星物理学学科建设方案。例如，依托中国科学院地球与行星物理重点实验室成立了“中国地球物理学会行星物理专业委员会”机构，创办了我国第一份行星科学英文期刊——*Earth and Planetary Physics*。中国科学院大学还率先自主设立了“行星科学”一级学科，正积极推进行星物理学的学科建设[⑥]。目前，围绕我国“嫦娥工程”及 2020 火星探测计划，我国相关行星科研团队正展开紧锣密鼓的科研工作，为国家的深空探测任务献计献策。

（2）国际合作更加紧密。我国行星科学研究起步晚，要想早日赶上国际先进水平，是离不开紧密国际合作的。早在“双星计划”实施期间，我国空间科学家团队同欧洲航天局就有过成功的国际合作基础。随着近年来我国深空探测的飞速发展，以及国家对深空探测的大力支持，不少国际行星研究机构纷纷来华主动寻求合作。例如，我国“嫦娥 4 号”搭载了荷兰、德国、瑞典、沙特阿拉伯等国的多台科研仪器[⑦]。目前，我国行星物理科研团队已同欧洲航天局、瑞典空间物理研究所、德国马普太阳系研究所、比利时列日大学、英国利兹大学、法国空间天体物理学实验室等多家国际行星科研机构建立了密切的合作关系。

（3）与国际先进水平差距依旧较大。我国独立研发高性能科学载荷的能力还相对较弱，科研人员主要还依赖国外飞船数据开展研究。部分探测仪器，如磁

表 2　国内已开展行星科学研究的相关科研单位

序号	机构名称	依托单位
1	地球与行星科学学院	中国科学院大学
2	中国科学院地球与行星物理重点实验室	中国科学院地质与地球物理研究所
3	太阳系探测研究团队	中国科学院国家空间科学中心
4	中国科学院行星科学重点实验室	中国科学院上海天文台和紫金山天文台
5	月球与行星科学研究中心	中国科学院地球化学研究所
6	中国科学院月球与深空探测重点实验室	中国科学院国家天文台
7	地球物理与行星科学技术系 比较行星学卓越中心	中国科学技术大学
8	行星环境与宜居性研究实验室	中山大学
9	行星科学研究所	中国地质大学（武汉）
10	行星与空间科学研究中心	北京大学
11	月球与行星科学国家重点实验室	澳门科技大学
12	空间科学研究院行星科学研究中心	山东大学（威海）
13	行星科学实验室	哈尔滨工业大学（深圳）
14	地球与行星科学系	南京大学
15	陨石行星科学研究中心	桂林理工大学

⑥ 中国科学院大学新闻网 . 国科大召开第四届学位评定委员会第 11 次会议 . [2019-01-11]. http://news.ucas.ac.cn/index.php/ywsd/489922.

⑦ 新华网 . 专访：“嫦娥四号落月是重要的里程碑”——访嫦娥四号瑞典科学载荷项目负责人 . [2019-01-03]. http://m.xinhuanet.com/2019-01/03/c_1123944817.htm.

强计、等离子体探测仪等虽已有一定研发能力，但对于行星大气、行星光学遥感、行星地震等方面的科学仪器研发能力目前还非常薄弱，对应的科研队伍和人才梯队还没有建立起来。此外，由于在深空探测的初级阶段要优先确保工程任务成功，往往科学载荷的安装和设计都要为工程目标让位。因此，我国“嫦娥工程”尽管已成功开展 4 次探测任务，但重大科研产出尚未显现。只有未来努力提高我国高性能载荷的研发能力，加快工程和科研的相互融合促进，才能尽快完成我国深空探测任务向“科学目标牵引”的转型。这才是不被国外数据“卡脖子”，做出重大原创科学发现的唯一途径。

3 我国行星物理学发展方向

21 世纪是太空的时代。面对激烈的国际竞争形势，行星科学尚处在起步发展阶段的我国应如何布局才能走出一条自己特色的发展之路，从而迎头赶上国际先进水平？对此，面向我国未来深空探测发展战略，瞄准当前行星物理国际发展趋势及前沿热点，本文从行星空间环境、大气环境、行星内部物理和行星探测技术手段 4 个方面尝试梳理并指出未来我国行星物理学的主要学科发展方向。

3.1 行星空间物理

研究太阳系内除太阳以外一切自然天体以及太阳系外行星的空间等离子体环境。此研究方向，未来可聚焦在：

（1）行星与外部太阳风，及行星与天然卫星之间的能量和物质交换过程。① 探究空间等离子体基本物理过程；② 研究行星大气粒子的逃逸过程及其与行星气候环境变化的关系。

（2）发展计算机模拟和卫星数据分析方法，拓展新的交叉研究方向。例如，实现从行星空间磁场“诊断”行星内部结构。

（3）努力提高深空探测水平，对行星空间环境实现多点飞船星簇探测，准确区分空间物理量的时空变化，突破传统单点飞船测量的局限，实现科研量产。

3.2 行星大气物理

研究行星的大气系统，包括大气基本结构、各类物理学、化学和动力学过程，及与其他圈层之间的耦合。此研究方向，未来可聚焦在：

（1）开发我国自主的行星大气数值模式，服务于未来深空探测和具体科学目标。

（2）开发用于行星大气中性与电力成分各物理性质探测的载荷，同时发展空间与地面望远镜技术，提升系外行星大气探测水平。

（3）构建实验室平台，精确测量行星大气研究中所需的关键参数；同时深度模拟行星大气关键性物理过程，如有机大分子、雾霾颗粒的形成等。

（4）论证并实施我国自主行星大气探测计划。尤其是发展搭载精密光学载荷的气球探测与无人机探测，用于遥感探测太阳系内主要行星的大气结构。

3.3 行星内部物理

研究行星的内部圈层结构、物质状态、成分和动力学过程。在此方面，我国目前的研究基本还尚处空白阶段。未来研究可聚焦在：

（1）聚焦我国嫦娥探月计划和火星探测计划，发展高灵敏、高性能的行星地震仪、地表磁强计。论证并实施我国对月球和火星内部结构的科学探测。

（2）培育和发展光学遥感、重力、磁场等多种探测研究方向，对行星，尤其是气态行星及其卫星的组成、结构、内部动力学等开展相关研究。

（3）开展冰卫星内部结构研究，探索其是否具备孕育生命的条件。

（4）构建实验平台及高性能计算设施，开展行星及卫星内部物质在极端物理条件下的实验和计算模拟研究。

3.4 行星探测技术

发展多种行星物理探测手段，既包括利用地基和

天基的光谱与成像观测，也包括飞船绕飞和着落过程中的粒子探测和物理场探测等。未来研究可聚焦在：

（1）发展和提升包括磁强计、等离子体探测仪、多波段光谱仪等在内的多种高性能空间载荷仪器的研制水平。

（2）发展和提高包括行星地震仪、行星重力仪、探地雷达等在内的多种探测行星内部的高性能仪器研制水平。

（3）大力发展和建立地面大型行星光学遥感望远镜，对行星形成持续有效的观测研究。在我国深空战略的支撑下，积极谋划构建地基、空基、天基和月基“四位一体”的行星光学遥感探测体系。

4 建议

过去 50 年来，美国、欧盟、俄罗斯和日本在行星深空探测工程上积累了丰富而宝贵的经验，为后续行星科学研究的快速发展打下了坚实的基础；在深空探测任务方面，也都纷纷走过了由“工程主导”探测任务（工程目标优先）到由“科学牵引”探测任务（科学目标优先）的发展路线。“科学目标牵引”的深空探测任务能带动更多科研人员参与到行星物理研究中来，而强大的行星科研团队才能更好地为国家提出更多、更高质量的深空探测任务方案。这种行星科学与深空探测之间的良性互动循环在欧美强国早已实现，而这也将是我国未来深空探测可持续发展的必经之路。因此，在我国“嫦娥工程”获得重大成功的先期基础上，我国后续深空探测任务也应逐渐过渡到由具体科学问题牵引而开展，而不再是简单地去“看一看，探一探”。对此，我们提出 5 点建议。

（1）加快学科建设。在具备优异基础和优势资源的高校和科研院所建立“行星科学”一级学科，为国家培养急需的深空探测相关科研人才。

（2）系统建立行星物理研究学术组织。以服务国家深空探测任务为目标，促进国际合作，并有序牵引学科在不同方向上的发展。

（3）努力提升卫星平台和科学载荷研制的技术水平，培育一批具有国际水准的行星探测仪器研制团队。

（4）推进建设行星物理大型地面研究平台，如建立地面行星望远镜、行星物理模拟实验室等，为我国行星科学长期发展提供可持续研究平台。

（5）鼓励和促进深空探测任务总体、仪器研制团队与行星物理科研团队相互融合交流，实现工程、科学与技术的相互促进，和谐发展。

参考文献

1 汪品先, 田军, 黄恩清, 等. 地球系统与演变. 北京: 科学出版社, 2018: 523-526.

2 Kaula W M. An Introduction to Planetary Physics: The Terrestrial Planets. New York: Wiley, 1968.

3 Hughes J. Planetary Physics: Course Perspective and Syllabus. [2015-01-01]. http://www.bu.edu/astronomy/files/2015/01/AS311-Syllabus-Hughes-2014Fall.pdf.

4 Sharaf O, Amiri S, AlMheiri S, et al. Emirates Mars Mission (EMM) Overview. [2017-01-13]. http://www-mars.lmd.jussieu.fr/granada2017/abstracts/sharaf_granada2017.pdf.

5 Lee E S, Chang K S, Park C. Design study of a Korean Mars mission. KSAS International Journal, 2004, 5(2): 54-61.

6 魏勇, 戎昭金, 钟俊, 等. 比较行星空间物理. 地球科学进展, 2016, 32(1): 15-20.

7 Wei Y, Yue X A, Rong Z J, et al. A planetary perspective on Earth’s space environment evolution. Earth Planet Phys, 2017, 1: 63-67.

8 赵京燕. 创新科技, 向深空深海深地挺进. 国土资源, 2016, (10): 8-11.

9 中国地球物理学会. 中国地球物理学史. 北京: 中国科学技术出版社, 2017: 455-486.

10 刘振兴. 中国空间物理发展的回顾// 辉煌的历程——回顾

中国地球物理学会60周年专刊. 北京: 地震出版社, 2007: 286-293.
11 叶培建, 黄江川, 孙泽州, 等. 中国月球探测器发展历程和经验初探. 中国科学: 技术科学, 2014, 44(6): 543-558.
12 Wei Y, Yao Z, Wan W. China's roadmap for planetary exploration. Nature Astronomy, 2018, 2: 346-348.

Status and Prospect for Chinese Planetary Physics

RONG Zhaojin[1,2*] CUI Jun[3,4] HE Fei[1] KONG Dali[5] ZHANG Jinhai[1] ZOU Hong[6]
LI Ligang[5] YAO Zhonghua[1] WEI Yong[1,2] WAN Weixing[1]
(1 Key Laboratory of Earth and Planetary Physics, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;
2 College of Earth and Planetary Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3 National Astronomical Observatories of China, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China;
4 Sun Yat-Sen University, Zhuhai 519082, China;
5 Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030, China;
6 Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Numerous great discoveries have been made in the field of deep space exploration over the past 50 years, and they deepen our knowledge and synergetic comprehension greatly about the Earth, Planets, and the Solar system. The deep space exploration not only acts as impetus to drive the development of modern science and technology, but also fosters the planetary physics as a new interdiscipline. This study analyzes the background and current status for the discipline of planetary physics, and compares the progress made on the planetary physics of China with that of the other well-developed countries. The relationship of the Chinese planetary physics with the other traditional disciplines, like geophysics, space physics etc., as well as with the projects of deep space missions is elaborated. Based on the current status and developing trend of planetary study, this paper presents possible directions as well as instructive suggestions for the development of Chinese planetary physics in the near future.

Keywords discipline of planetary physics, deep space exploration, discipline development, planning proposal



戎昭金 中国科学院地质与地球物理研究所副研究员，中国科学院大学岗位教授，中国地球物理学会行星物理专业委员会秘书长。曾获得2015年中国地球物理学会“傅承义青年科技奖”。曾在瑞典空间物理研究所长期访问。主要从事类地行星空间环境的比较研究工作，对于行星磁场方面的研究有较多涉及。共发表相关论文和专著50余篇/部。E-mail: rongzhaojin@mail.iggcas.ac.cn

RONG Zhaojin Received B.S. degree with major of Education Physics from Dalian University, Dalian,

*Corresponding author

China, in 2004, and Ph.D. degree with major of Space Physics from National Space Science Center (NSSC), Chinese Academy Sciences (CAS), Beijing, China, in 2009. From 2009 to 2012, he continued the post-doctor position for the study of space physics in Institute of Geology and Geophysics (IGG), CAS, Beijing, China. Since 2013, he became Full Associate Professor and worked in the Key Laboratory of Earth and Planetary Physics, IGG, CAS, Beijing, China. From Mar. 2014 to Feb. 2015, he, as a visiting scholar, had visited the Institute of Swedish Space Physics, Kiruna, Sweden. Since 2015, he was employed as "teaching professor" by the University of Chinese Academy of Sciences. His current research interests focus on planetary space physics and planetary magnetism. He has published about 50 research papers hitherto. He won the prize of "2015 Fuchengyi Outstanding Young Scientist" of the Chinese Geophysics Society due to his excellent studies on planetary space physics. Currently, he is the Secretary General of the Chinese Planetary Physical Committee of the Chinese Geophysics Society. E-mail: rongzhaojin@mail.iggcas.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

参考文献（双语版）

1 Dale P C, Joseph W C. The beginnings of the division for planetary sciences of the American Astronomical Society. [2019-05-31]. https://dps.aas.org/history/chamberlain_cruikshank_1999.

2 Burns J A. The four hundred years of planetary science since Galileo and Kepler. Nature, 2010, 466(7306): 575-584.

3 Harvey B. Russian Planetary Exploration History, Development, Legacy and Prospects. New York: Springer-Verlag, 2007.

4 Wei Y, Yao Z H, Wan W X. China's roadmap for planetary exploration. Nature Astronomy, 2018, 2(5): 346-348.

5 廖政军. 美国推进深空探索战略. 人民日报, 2017-03-27(21).

Liao Z J. U.S. pushes forward its exploration of deep space. People's Daily, 2017-03-27(21). (in Chinese)

6 胡泽曦. 美国“太空军”计划遭质疑. 人民日报, 2018-08-17(21).

Hu Z X. The Space Force Plan of U.S. has been questioned. People's Daily, 2018-08-17(21). (in Chinese)

7 习近平谈航天：星空浩瀚无比，探索永无止境. [2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html.

Xi Jinping talks about spaceflight: The starry sky is vast and the exploration is endless. [2019-02-21]. http://cpc.people.com.cn/n1/2019/0221/c164113-30852331.html. (in Chinese)

8 中共中央国务院中央军委对探月工程嫦娥四号任务圆满成功的贺电. 人民日报, 2019-01-12(1).

A congratulatory message from the Chinese Communist Party Central Committee, State Council of the People's Republic of China, Central Military Commission of the lunar exploration project Chang'e-4. People's Daily, 2019-01-12(1). (in Chinese)

参考文献（双语版）

1 汪品先, 田军, 黄恩清. 地球系统与演变. 北京: 科学出版社, 2018: 523-526.

Wang P X, Tian J, Huang E Q. Earth System and Evolution. Beijing: Science Press, 2018: 523-526. (in Chinese)

2 Kaula W M. An Introduction to Planetary Physics: The Terrestrial Planets. New York: Wiley, 1968.

3 Hughes J. Planetary Physics: Course Perspective and Syllabus. [2015-01-01]. http://www.bu.edu/astronomy/files/2015/01/AS311-Syllabus-Hughes-2014Fall.pdf.

4 Sharaf O, Amiri S, AlMheiri S, et al. Emirates Mars Mission (EMM) Overview. [2017-01-13]. http://www-mars.lmd.jussieu.fr/granada2017/abstracts/sharaf_granada2017.pdf.

5 Lee E S, Chang K S, Park C. Design study of a Korean Mars mission. International Journal of Aeronautical and Space Sciences, 2004, 5(2): 54-61.

6 魏勇, 戎昭金, 钟俊, 等. 比较行星空间物理. 地球科学进展, 2017, 32(1): 15-20.

Wei Y, Rong Z J, Zhong J, et al. Comparative planetary space physics. Advances in Earth Science, 2017, 32(1): 15-20. (in Chinese)

7 Wei Y, Yue X A, Rong Z J, et al. A planetary perspective on Earth's space environment evolution. Earth and Planetary Physics, 2017, 1(1): 63-67.

8 赵京燕. 创新科技, 向深空深海深地挺进. 国土资源, 2016, (10): 8-11.

Zhao J Y. Innovative technology, advancing to deep space, deep sea, and deep earth. Land & Resources, 2016, (10): 8-11. (in Chinese)

9 中国地球物理学会. 中国地球物理学史. 北京: 中国科学技术出版社, 2017: 455-486.

Chinese Geophysical Society. History of Geophysics in China. Beijing: China Science and Technology Press, 2017: 455-486. (in Chinese)

10 刘振兴. 中国空间物理发展的回顾// 辉煌的历程——回顾中国地球物理学会60周年专刊. 北京: 地震出版社, 2007: 286-293.

Liu Z X. Review of the development of space physics in China// Brilliant History—A Review of the Special Issue of the 60th Anniversary of the Chinese Geophysical Society. Beijing: Seismological Press, 2007: 286-293. (in Chinese)

11 叶培建, 黄江川, 孙泽洲, 等. 中国月球探测器发展历程和经验初探. 中国科学: 技术科学, 2014, 44(6): 543-558.

Ye P J, Huang J C, Sun Z Z, et al. The process and experience in the development of Chinese lunar probe. Scientia Sinica (Technologica), 2014, 44(6): 543-558. (in Chinese)

12 Wei Y, Yao Z H, Wan W X. China's roadmap for planetary exploration. Nature Astronomy, 2018, 2(5): 346-348.